

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-102246

(43) 公開日 平成8年(1996)4月16日

(51) Int. Cl.⁸

H 0 1 J 1/30

識別記号

片内整理番号

B

P 1

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平6-235135

(22) 出願日 平成6年(1994)9月29日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 丸尾 祐二

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

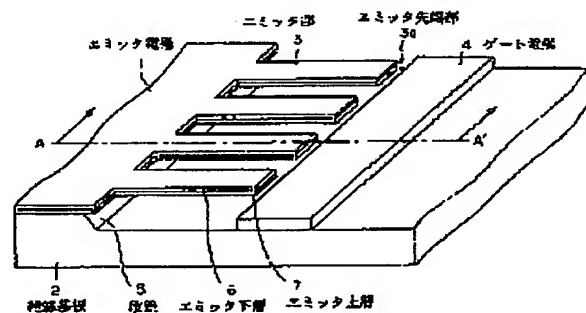
(74) 代理人 弁理士 高野 明近

(54) 【発明の名称】 電界放出型電子源

(57) 【要約】

【目的】 製造上のばらつきを有するエミッタで構成されたエミッタアレイにおいて、各エミッタの動作状態を均一化し、エミッタアレイ全体での放出電流量を増大させるとともに、エミッタの耐久性を向上させる。

【構成】 絶縁基板2上に、矩形のエミッタ部3が平面的に連続するように形成されたエミッタ電極1と、該エミッタ電極に比べ深さ方向に段差5を設けた位置に直線的に形成されたゲート電極4がそれぞれ配置されている。エミッタ部3は、熱膨張率の異なる2層の薄膜6、7で構成されている。該エミッタ部3の温度が上昇すると、変形してエミッタ先端部3aとゲート電極4との距離が増加し、エミッタ部3からの電子放出が減少し、過電流によるエミッタ部の破壊が防止される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁基板とほぼ平行な面上に形成されたエミッタ電極と、前記絶縁基板上に設けられたゲート電極とからなる電界放出型電子源であって、前記エミッタ電極のエミッタ部が、熱膨張率の異なる少なくとも2層の構造で構成されていることを特徴とする電界放出型電子源。

【請求項2】 前記絶縁基板上に形成され、前記エミッタ部を構成するエミッタ電極層と、前記絶縁基板上において、該エミッタ電極層と段差を設けた位置に形成されたゲート電極とからなる電界放出型電子源であって、前記エミッタ電極層上に該エミッタ電極層より熱膨張率の小さい薄膜層が形成されていることを特徴とする請求項1記載の電界放出型電子源。

【請求項3】 前記絶縁基板上に形成されたエミッタ電極層と、該絶縁基板上に形成されたゲート電極層とからなる電界放出型電子源であって、前記エミッタ電極層の前記絶縁基板側に、該エミッタ電極層より熱膨張率の小さい薄膜層が形成されていることを特徴とする請求項1記載の電界放出型電子源。

【請求項4】 絶縁基板上に形成されたエミッタ電極と、該エミッタ電極と電気的に接続された電子放出部と、該電子放出部を囲むように配置されたゲート電極とからなる電界放出型電子源であって、前記電子放出部が、熱膨張率の異なる少なくとも2層の構造からなる電子放出部支持部材上に形成されていることを特徴とする電界放出型電子源。

【請求項5】 絶縁基板上に形成されたエミッタ電極と、該エミッタ電極と電気的に接続された電子放出部であるエミッタコーンと、該エミッタコーンの先端部を囲むような開口部を有するゲート電極とからなる電界放出型電子源であって、前記エミッタコーンがエミッタコーン支持電極層上に形成されており、該エミッタコーン支持電極層の前記基板側に、該エミッタコーン支持電極層より熱膨張率の小さい薄膜層が形成されていることを特徴とする電界放出型電子源。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電界放出型電子源に関する。より詳細には、電界放出の原理に基づいて動作する電界放出型電子源に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路、または薄膜の分野等で用いられている微細加工技術によって、高電界の影響下で電子を放出する電界放出型電子源の製造技術の進歩はめざましく、特に極めて小型の構造を有する電子源が研究及び製造されている。この種の電子源は、三極管型の超小型電子管や蛍光体の発光による薄型表示装置、超小型発振管等を形成する上で最も重要で、かつ基本的な電子放出デバイスとなる。

【0003】電界放出型電子源は、例えば、薄型表示装置や微小三極管の構成要素として提案されたもので、その動作及び製造方法は、特に、シー・エー・スピント (C. A. Spindt) らによってスタンフォード リサーチ インスティテュート (Stanford Research Institute) で行われ、ジャーナル オブ アプライド フィジックス (Journal of Applied Physics) 第47巻、12号、5248~5253頁 (1976年12月) を含む様々な雑誌等に発表された研究によって公知である。また、エイチ・エフ・グレイ (H. F. Gray) らの米国特許第4307507号明細書、及び米国特許第4513308号明細書等にも記載されている。

【0004】図9は、従来の電界放出型電子源で、図10は、図9におけるD-D' 断面拡大図である。図中、41はエミッタ電極、42は絶縁基板、43はエミッタ部、43aはエミッタ先端部、44はゲート電極、45は段差、46は電気抵抗部である。

【0005】絶縁基板42とほぼ平行な面上に形成されたエミッタ電極41とゲート電極44からなり、基板面方向に電子放出が行われるエミッタを複数、アレイ状に配置した薄型電子源である。エミッタ電極41は、絶縁基板42上に金属膜を加工した矩形のエミッタ部43が平面的に連続するように形成されている。また、ゲート電極44は、同一の絶縁基板42上で、エミッタ電極41に比べ、深さ方向に段差45を設けた位置に直線的に形成される。なお、矩形のエミッタ部43を棒型のエミッタ部で置き換え、のこぎり型の電子源もほぼ同様に構成され得る。

【0006】ここで、絶縁基板42には石英基板が、電極材料にはタングステンやモリブデン等の高融点金属材料がそれぞれ用いられる。このような構成において、エミッタ電極41に対し、ゲート電極44に50V~200V程度の電圧を印加すると、矩形のエミッタ先端部43aに 10^7 V/cm程度の高電界が発生し、電界放出の原理に基づいてエミッタ先端部43aから電子が放出される。電子が放出される空間は、 10^{-4} Pa以下の真空に保たれている。放出された電子は、200~1000V程度の電圧が印加されたアノード電極に達する。

【0007】図11は、絶縁基板に対して垂直方向に電子放出が行われる電界放出型電子源であるコーン型電子源の概略斜視図で、図中、51はガラス基板、52はエミッタ電極層、53は電気抵抗層、54はエミッタコーン、54aはエミッタコーン先端部、55は絶縁層、56はゲート電極、57は穴である。

【0008】円錐形状のエミッタコーン54を多数、アレイ状に配置したこの種の電子源は、蛍光体を塗布した透明電極基板と対向配置することにより、薄型のディスプレイ等が構成される。ガラス基板51上にエミッタ電極層52及び電気抵抗層53がそれぞれ形成されており、さらにその上に、多数の円錐形状のエミッタコーン

54が形成されている。また、電気抵抗層53上には、絶縁層55を挟んでゲート電極56が形成されており、さらに、エミッタコーン54を囲うように円筒状の穴57が形成されている。なお、電気抵抗層53は、後述する電子放出特性上の目的により形成しているが、コーン型電子源としては電気抵抗層を含まない構成が一般的である。

【0009】このような構成において、エミッタ電極層52に対し、ゲート電極56に30V〜150V程度の電圧を印加すると、エミッタコーン先端部54aに10⁻¹ V/cm程度の高電界が発生し、電界放出の原理に基づいてエミッタコーン先端部54aから電子が放出される。電子が放出される空間は、10⁻¹ Pa以下の真空に保たれている。放出された電子は、200〜1000V程度の電圧が印加されたアノード電極に達する。

【0010】図12(a)〜(f)は、エミッタコーンの製作工程を示す図で、図中、58はエッチング除去層、59は不要部で、その他、図11と同じ作用をする部分は同一の符号を付してある。フォトリソ、エッチング工程によりゲート電極56及びその下の絶縁層55に形成した円筒状の穴57に対し(図(a)〜図

(c))、ガラス基板51を回転させながら斜めからの真空蒸着法による製膜を行うことにより、エッチング除去層58を形成した後(図(d))、さらに電気抵抗層53上にエミッタ金属材料を真空蒸着法によりコーン形状に堆積させてエミッタコーン54を作成し(図

(e))、その後、エッチング除去層58ごと不要部59を除去することで作製する(図(f))。これらは、先述のシー・エー・スピント(C.A.Spindt)らの発表により公知の方法である。基板には、ガラス基板の他に単結晶シリコン基板等が用いられる。エミッタコーンには、主としてモリブデンやタングステン等の高融点金属材料が用いられ、絶縁層には二酸化シリコン等が用いられる。

【0011】次に、従来の電界放出型電子源の電子放出特性について説明する。図13は、従来の電界放出型電子源のエミッタ電極−ゲート電極間への印加電圧と電界放出される電子によって流れる電流の関係を表したもので、複数のエミッタからなるアレイ構造ではなく、1つのエミッタの放出特性である。なお、図中、曲線aが通常の電気抵抗層を含まない構造のエミッタの場合、図中、曲線b及び曲線cが電気抵抗層を含む構造のエミッタの場合である。

【0012】エミッタ電極に対して、ゲート電極に正の電圧を印加すると、エミッタ先端部近傍に、その形状に起因する電界集中の効果により、電界放出に必要な高電界が発生する。そのため、電界放出に必要な高電界を発生させるのに十分な電圧を印加すると、エミッタ先端部からの電子放出を開始し、さらに印加電圧を増加させると急激に放出電流量が増加し、その後、放出電流量が限

界に達すると、エミッタの破壊が起こる。微小なエミッタ部分に過電流が流れることによる急激な温度上昇が主な破壊の原因となる。

【0013】図11に示した従来のコーン型電子源は、電子放出部がエミッタコーン先端部の非常に小さい範囲であるため、1つのエミッタからの放出電流量の限界が小さい。図9に示した従来の筒形電子源は、コーン型電子源に比較して電子放出部の範囲が大きい、その構造上、過電流による温度上昇は、熱膨張によりエミッタ・ゲート電極間の距離を接近させ、さらに過電流を助長させるため、破壊に対して不利に働く。

【0014】また、エミッタが破壊することから1つのエミッタで得られる電流量には限界があり、電界放出型電子源で十分な電流量を得るためには、複数のエミッタをアレイ状に配列して並列に駆動する必要がある。しかしながら、電界放出型電子源は、製造時に発生するエミッタ・ゲート電極間の距離のばらつき、エミッタ先端部の形状のばらつき等の微細加工上のばらつきを持ち、このばらつきが電子放出特性に非常に大きな影響を及ぼす。現状技術の範囲内では、各エミッタ間での電子放出特性のばらつきを避けることは困難であり、複数のエミッタをアレイ状に配列して並列に駆動した場合には、電子放出開始電圧がエミッタにより異なるため、過電流により破壊するエミッタ、電子を放出するエミッタ、及び電子放出まで至らないエミッタが混在することになる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】前述のような問題点の対策として、従来の技術では、前記図11に示したように、電気抵抗層53をエミッタ電極層52とエミッタコーン54の間に形成するという方法を用いる。このような構成では、エミッタコーン54からの電子放出で流れる電流により、電気抵抗層53において電圧降下が生じ、結果としてエミッタコーン先端部54aとゲート電極56間にかかる電圧が相対的に減少し、印加電圧に対する放出電流量の変化が緩やかになる。このときのエミッタの放出電子特性を表したのが、図13の曲線b及び曲線cのであり、曲線cは、電気抵抗層の抵抗率が曲線bに比較して大きい場合である。このように、各エミッタの印加電圧に対する放出電流量の変化が緩やかになるため、電子放出開始電圧の異なる複数のエミッタをアレイ状に形成した場合においても、適切な印加電圧を選ぶことで、電子放出状態にあるエミッタの数を増大させることができる。

【0016】また、前記図9に示したように、従来の電子源である絶縁基板42とほぼ平行な面上に形成されたエミッタ電極41及びゲート電極44からなり、基板面方向に電子放出が行われるエミッタ部を複数、アレイ状に配置した筒型電子源においても、同様の対策を施すことにより、類似の効果が期待できることは容易に類推できる。すなわち、エミッタ電極41とエミッタ部43の

間に電気抵抗部46を形成することにより、印加電圧に対する放出電流量の変化を緩やかにし、エミッタアレイにおいて電子放出状態にあるエミッタ部の数を増大させる方法が考えられる。

【0017】しかしながら、電気抵抗層による電圧降下を利用して印加電圧に対する放出電流量の変化を緩やかにする方法には、以下のような問題点がある。まず、電気抵抗層による電圧降下に相当するエネルギーが無駄になり、電子放出効率が低下するとともに、それによる発熱は、過電流によるエミッタ破壊に対しても悪影響を及ぼす。すなわち、図13に示した曲線aと曲線b、あるいは曲線aと曲線cの差が電気抵抗層での発熱に費やされることになる。複数のエミッタで構成されたエミッタアレイにおいて、電子放出状態にあるエミッタ部の数を増やすために、電気抵抗層の抵抗率を大きくすると発熱量が増大し、少ない放出電流でエミッタ部が破壊するという問題点がある。このことは、図13の曲線bと曲線cの最大放出電流 I_{max} の違いに相当する。

【0018】また、同一の印加電圧下の比較では、電気抵抗層の抵抗率を大きくすると、エミッタあたりの電子放出量が低下する。このことは、種々のばらつきにより電子放出開始電圧が異なる複数のエミッタ部で構成されたエミッタアレイにおいて、電子放出状態にあるエミッタ部の数を増やすために電気抵抗層の抵抗率を大きくしても、エミッタ部あたりの電子放出量が低下するため、アレイ全体での電子放出量の増大が得られにくいという問題点がある。

【0019】本発明は、このような実情に鑑みてなされたもので、製造上のばらつきを有するエミッタで構成されたエミッタアレイにおいても、それぞれのエミッタ間の動作状態を均一化し、放出電流量を増加させるとともに、破壊に対するエミッタの耐久性を向上させる電界放出型電子源を提供することを目的としている。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するために、(1)絶縁基板上に形成されたエミッタ電極と、前記絶縁基板上に設けられたゲート電極とからなる電界放出型電子源であって、前記エミッタ電極のエミッタ部が、熱膨張率の異なる少なくとも2層の構造で構成されていること、更には、(2)前記絶縁基板上に形成され、前記エミッタ部を構成するエミッタ電極層と、前記絶縁基板上において、該エミッタ電極層と段差を設けた位置に形成されたゲート電極とからなる電界放出型電子源であって、前記エミッタ電極層上に該エミッタ電極層より熱膨張率の小さい薄膜層が形成されていること、更には、(3)前記絶縁基板上に形成されたエミッタ電極層と、該絶縁基板上に形成されたゲート電極層とからなる電界放出型電子源であって、前記エミッタ電極層の前記絶縁基板側に、該エミッタ電極層より熱膨張率の小さい薄膜層が形成されていること、

或いは、(4)絶縁基板上に形成されたエミッタ電極と、該エミッタ電極と電気的に接続された電子放出部と、該電子放出部を囲むように配置されたゲート電極とからなる電界放出型電子源であって、前記電子放出部が、熱膨張率の異なる少なくとも2層の構造からなる電子放出部支持部材上に形成されていること、或いは、

(5)絶縁基板上に形成されたエミッタ電極と、該エミッタ電極と電気的に接続された電子放出部であるエミッタコーンと、該エミッタコーンの先端部を囲むような開口部を有するゲート電極とからなる電界放出型電子源であって、前記エミッタコーンがエミッタコーン支持電極層上に形成されており、該エミッタコーン支持電極層の前記基板側に、該エミッタコーン支持電極層より熱膨張率の小さい薄膜層が形成されていることを特徴としたものである。

【0021】

【作用】前記構成を有する本発明の電界放出型電子源は、基板とはほぼ平行な面上に形成されたエミッタ電極及びゲート電極とからなり、エミッタ電極のエミッタ部が熱膨張率の異なる少なくとも2層の構造で構成されているため、エミッタ電極・ゲート電極間に電界放出に必要な高電界を発生させるのに十分な電圧を印加すると、エミッタ先端部からの電子放出を開始し、さらに印加電圧を増加させると、急激に放出電流量が増加し、その後、エミッタ先端部からの電子放出による過電流でエミッタ部の温度が上昇すると、熱膨張によりエミッタ部が微小変形する。この変形がエミッタ先端部とゲート電極間の距離を増加させるため、エミッタ先端部近傍の電界が減少する。電界が減少することにより、エミッタ先端部からの電子放出量が減少し、過電流によるエミッタ部の破壊が防止され、エミッタ部の耐久性が向上する。

【0022】また、本発明の他の電界放出型電子源は、基板上に形成されたエミッタ電極と、エミッタ電極と電気的に接続された電子放出部であるエミッタコーンと、エミッタコーン先端部を囲むような開口部を持つゲート電極とからなり、前記エミッタコーンが熱膨張率の異なる少なくとも2層の構造からなるエミッタコーン支持電極層上に形成されているため、エミッタ電極・ゲート電極間に電界放出に必要な高電界を発生させるのに十分な電圧を印加すると、エミッタコーン先端部からの電子放出を開始し、さらに、印加電圧を増加させると、急激に放出電流量が増加し、その後、エミッタコーンからの電子放出による過電流でエミッタコーン支持電極部の温度が上昇すると、熱膨張によりエミッタコーン支持電極部が微小変形し、エミッタコーン先端部とゲート電極との距離を増加させる。これにより、エミッタコーン先端部の電界が減少し、エミッタコーンからの電子放出量が減少し、過電流によるエミッタコーンの破壊が防止されて耐久性が向上する。

【0023】さらに、熱膨張によるエミッタ部の変形あ

るいはエミッタコーン支持電極部の変形が起こるのは、過電流でエミッタ部あるいはエミッタコーン支持電極部の温度が上昇したときであるため、温度上昇が発生するまでの印加電圧範囲は、通常のエミッタ部とはほぼ同様の特性を持ち、さらに、それ以上の広い印加電圧範囲では、限界放出電流に近い電流の電子放出が得られる。そのため、製造上のばらつきにより、電子放出開始電圧が異なる複数のエミッタ部をアレイ状に配置して並列に駆動した場合においても、エミッタ部の動作状態が均一化され、アレイを構成する多くのエミッタ部から最大放出電流量に近い電子放出を得ることができ、エミッタアレイ全体での電子放出量の増大が可能となる。

【0024】

【実施例】実施例について、図面を参照して以下に説明する。図1は、本発明による電界放出型電子源の一実施例を説明するための斜視図で、図2(a)、(b)は、図1におけるA-A'断面拡大図である。図中、1はエミッタ電極、2は絶縁基板、3はエミッタ部、3aはエミッタ先端部、4はゲート電極、5は段差、6はエミッタ下層、7はエミッタ上層である。

【0025】エミッタ電極1は、絶縁基板2上に矩形のエミッタ部3が平面的に連続するように形成される。また、ゲート電極4は、同一の絶縁基板上でエミッタ電極1に比べ深さ方向に段差5を設けた位置に直線的に形成される。エミッタ電極1は、エミッタ下層6とエミッタ上層7の2層構造となっており、エミッタ上層7は、エミッタ下層6に比較して熱膨張率の小さい薄膜で形成される。ここで、エミッタ上層7にはタンゲステンを用い、エミッタ下層6にはニッケルをそれぞれ用いた。エミッタ上層7にソリブデン、エミッタ下層6に金等をそれぞれ組み合わせてもよい。なお、エミッタ下層6は、電子放出する電極であるため、導電性が高く、また、仕事関数の小さい材料で形成するとよい。

【0026】一方、エミッタ上層7は、導電性である必要はなく、例えば、二酸化シリコンや窒化シリコン等で構成してもよく、電子放出させるエミッタ下層6に対しての付着性や熱膨張率の差等を考慮して選定すればよい。各層を構成する材料の熱膨張率の差は大きい方がよく(2倍以上)、エミッタ部の温度変化に対して各層の付着方の点で割離が発生しないように膜厚、製膜方法とともに選定する。本実施例では、ニッケルやタンゲステンの組み合わせで電子ビーム真空蒸着法を用い、膜厚を $0.1\mu\text{m}\sim 0.5\mu\text{m}$ 程度とした。また、各層の製膜時には、製膜による温度変化により内部応力が発生する場合があるが、製膜時の基板加熱等で熱による内部応力を調整するとよい。

【0027】なお、エミッタ部は、各層の内部応力の違いにより、ある程度変形していても目的の効果をj得る上で差し支えない。本実施例において、基板に絶縁基板を用いたが、これに限るものではなく、低抵抗シリコン基

板や金属基板等の導電性の基板に絶縁層を形成した基板を用いた構成としてもよい。シリコン基板を用いることで、他の半導体素子とのモノリシック化も可能となる。

【0028】本実施例では、エミッタ電極をエミッタ下層とエミッタ上層の2層構造としたが、これに限るものではなく、3層以上の構造としてもよい。各エミッタ層間にバッファ層等を形成し、各層間の付着力やエミッタの機械的強度等を向上させることができる。また、本実施例において、エミッタ下層及びエミッタ上層は、エミッタ部において同一形状としたが、これに限るものではなく、電子放出する電極層であるエミッタ下層を、エミッタ上層に比較して突出させた構造としてもよい。電子放出部となるエミッタ下層外縁部の電界集中に対して、エミッタ上層の製造上のばらつき等が影響を与えることが防止され、さらに特性の向上が期待できる。

【0029】図3は、電界放出型電子源の電子放出特性を示した図であり、エミッタ電極・ゲート電極間への印加電圧と電界放出される電子によって流れる電流の関係を表したもので、複数のエミッタからなるアレイ構造ではなく、1つのエミッタの放出特性である。比較のために、曲線aに従来の電子源の電子放出特性を示し、曲線bに本発明の電子源の電子放出特性を示している。本発明の構成において、エミッタ電極に対してゲート電極に50〜60V程度の電圧を印加すると、電子放出を開始し、さらに印加電圧を増加させると、急激に放出電流量が増加する。

【0030】その後、放出電流量がある程度大きくなると、印加電圧に対しての放出電流量の変化が少なくなり、広い印加電圧範囲において、エミッタの破壊が起きる放出電流量である最大放出電流 I_{max} に近い値を維持し、200〜300V程度の印加電圧、100〜200 μA 程度の放出電流量でエミッタの破壊が起こった。エミッタからの放出電流量が大きくなり、エミッタの温度が上昇すると、エミッタを形成しているエミッタ下層に比較してエミッタ上層の熱膨張率が小さいことから、エミッタは基板に対して上方向に変形する。

【0031】この変形により、エミッタ先端部3aとゲート電極4の距離が増大し、エミッタ先端部近傍の電界が小さくなるため、エミッタからの放出電流量を抑制する方向に働く。このような関係にあるため、エミッタの変形を保つのに十分な電流に相当する放出電流量を広い印加電圧範囲で得られるとともに、エミッタの破壊に対する耐久性が向上する。このような特性をもつ本発明のエミッタをアレイ状に構成した電界放出型電子源では、同一数のエミッタで構成した従来のエミッタアレイに比較して5〜30倍程度の電子放出量jが得られた。

【0032】図4は、本発明による電界放出型電子源の他の実施例を説明するための斜視図で、図5(a)、(b)は、図4におけるB-B'断面拡大図である。図中、11はエミッタ電極、12は絶縁基板、13はエミ

ッタ部、14はゲート電極、15は段差、16はエミッタ下層、17はエミッタ上層である。

【0033】絶縁基板12上にエミッタ電極11及びゲート電極14が形成されており、エミッタ電極11には、矩形のエミッタ部13が平面的に連続するように配置されている。エミッタ部13の下部の絶縁基板12には段差15が設けられている。エミッタ電極11は、エミッタ上層17とエミッタ下層16の2層構造となっており、エミッタ下層16は、エミッタ上層17に比較して熱膨張率の小さい薄膜で構成される。ここで、エミッタ下層16にはタングステンを用い、エミッタ上層17にはニッケルをそれぞれ用いた。エミッタ下層16にモリブデン、エミッタ上層17に金等をそれぞれ組み合わせてもよい。なお、エミッタ上層17は、電子放出する電極であるため、導電性が高く、また仕事関数の小さい材料で形成するとよい。

【0034】一方、エミッタ下層16は、導電性である必要はなく、例えば、二酸化シリコンや窒化シリコン等で構成してもよい。また、各層の製膜時には、製膜による温度変化により内部応力が発生する場合があるが、製膜時の基板加熱等で熱による内部応力を調整するとよい。なお、エミッタ部は、各層の内部応力の違いにより、ある程度変形していても目的の効果を得る上で差し支えない。本実施例において基板に絶縁基板を用いたが、これに限るものではなく、低抵抗シリコン基板や金属基板等の導電性の基板に絶縁層を形成した基板を用いた構成としてもよい。本実施例においても、前述の実施例と同一の目的により、エミッタ電極層を3層以上の構造としてもよく、また、本実施例の構造で電子放出部となるエミッタ上層を突出させた構造としてもよい。

【0035】本発明の構成において、エミッタ電極に対してゲート電極に電圧を印加すると電子放出を開始し、さらに印加電圧を増加させると、急激に放出電流量が増加する。その後、放出電流量がある程度大きくなると、印加電圧に対しての放出電流量の変化が少なくなり、広い印加電圧範囲においてエミッタ部の破壊が起きる放出電流量である最大放出電流 I_{max} に近に値を維持する。エミッタ部からの放出電流量が大きくなり、エミッタ部の温度が上昇すると、エミッタ部を形成しているエミッタ上層に比較してエミッタ下層の熱膨張率が小さいことから、エミッタ部は基板に対して下方向に変形する。

【0036】この変形により、エミッタ先端部13aとゲート電極14の距離が増大し、エミッタ先端部近傍の電界が小さくなるため、エミッタ先端部からの放出電流量を抑制する方向に働く。このような関係にあるため、エミッタ部の変形を保つのに十分な電流に相当する放出電流量を広い印加電圧範囲で得られるとともに、エミッタ部の破壊に対する耐久性が向上する。

【0037】次に、製造方法について説明する。絶縁基板12上にエミッタ下層材料及びエミッタ上層材料を順

次スパッタリング法で製膜する。フォトリソ工程によりエミッタ電極形状及びゲート電極形状のパターニングを行い、RIE(Reactive Ion Etching)法を用いたエッチング加工により、エミッタ電極11及びゲート電極14を形成する。その後、ウエットエッチング法により、絶縁基板12をエミッタ電極11とゲート電極14の隙間からエッチング加工し、絶縁基板12の段差15を形成し、目的の電子源を得る。

【0038】ここで、エミッタ下層材料及びエミッタ上層材料の製膜にスパッタリング法を用いたが、使用する材料にあわせて電子ビーム真空蒸着法やCVD法(Chemical Vapor Deposition: 化学蒸着法)等、他の製膜方法を用いても差し支えない。また、エミッタ下層及びエミッタ上層のエッチングにRIE法を用いたが、これに限るものではなく、使用する材料によってはウエットエッチング法を用いることにより、製造プロセスの簡便化が図れる。

【0039】図6は、本発明による電界放出型電子源の見た他の実施例を説明するための斜視図で、図7(a)は、図6の部分拡大上面図、図7(b)は、図7(a)におけるC-C'断面拡大図である。図中、21は絶縁基板、22はエミッタコーン支持電極下層、23はエミッタコーン支持電極上層、24はエミッタコーン、24aはエミッタコーン先端部、25は絶縁層、26はゲート電極、27は穴、28は隙間、29は段差、30は空間、31はエミッタコーン支持部である。

【0040】絶縁基板21上にエミッタコーン支持電極下層22及びエミッタコーン支持電極上層23が形成されており、さらに、その上に多数の円筒形状のエミッタコーン24が形成されている。エミッタコーン支持電極上層23上には、絶縁層25を挟んでゲート電極26が形成されており、さらにエミッタコーン24を囲むように円筒状の穴27が形成されている。

【0041】エミッタコーン支持電極下層22及びエミッタコーン支持電極上層23は、その上に形成されているエミッタコーン毎に隙間28で分離されており、さらにエミッタコーン支持電極下層22の下部の絶縁基板21には段差29が、エミッタコーン支持電極上層23の上部の絶縁層25には空間30がそれぞれ設けられており、これにより、エミッタコーン支持部31が形成される。エミッタコーン支持電極下層22は、エミッタコーン支持電極上層23に比較して熱膨張率の小さい薄膜で構成される。エミッタコーン支持電極上層23は、その上部に電子放出させるエミッタコーンを形成する電極であるため、導電性の材料で形成し、エミッタコーンからの電子放出にともなう過電流によりエミッタコーンが破壊する以前にエミッタコーン支持部の温度が上昇し、変形が起こるように構成する。

【0042】本実施例では、前述の実施例と同様に、エミッタコーン支持電極上層23及びエミッタコーン支持

電極下層22をニッケル及びタングステンの組み合わせとし、さらにエミッタコーン支持部の断面積をエミッタコーン底部面に比較して1/3程度の大ききで構成した。なお、エミッタコーン支持電極下層22は、導電性である必要はなく、例えば、エミッタコーン支持電極上層23をアルミニウム、エミッタコーン支持電極下層22を酸化アルミニウムで構成する等、エミッタコーン支持電極上層23あるいは絶縁基板21に対しての付着性、熱膨張率の差等を考慮して選定すればよい。

【0043】本実施例において、基板に絶縁基板を用いたが、これに限るものではなく、低抵抗シリコン基板や金属基板等の導電性の基板を用いた構成としてもよい。また、エミッタコーン支持部は、エミッタコーン支持電極下層及びエミッタコーン支持電極上層の2層構造となっているが、3層以上の構造としてもよい。各電極層間にバッファ層等を形成し、各層間の付着力やエミッタコーン支持部の機械的強度の向上等が図れる。

【0044】図8(a)～(d)は、本発明の電界放出型電子源の作製方法を説明するための工程図で、図中、22aはエミッタコーン支持電極下層材料、23aはエミッタコーン支持電極上層材料、25aは絶縁層材料、26aはゲート電極材料で、その他、図7と同じ作用をする部分は同一の符号を付してある。

【0045】絶縁基板21上にエミッタコーン支持電極下層材料22a及びエミッタコーン支持電極上層材料23aを順次スパッタリング法で製膜する。次に、フォトリソ工程によりエミッタコーン支持部31、隙間28等の形状のパターニングを行い、RIE(Reactive Ion Etching)法を用いたエミッタコーン支持電極上層23a及びエミッタコーン支持電極下層22aのエッチング加工により、図8(a)に示す状態とする。その後、絶縁層材料25a及びゲート電極材料26aを順次製膜する。次に、フォトリソ工程によりエミッタコーンを作製する箇所に円形のパターニングを行った後、ゲート電極材料26a及び絶縁層材料25aのエッチングを行い、円筒状の穴27を形成することで、図8(b)に示す状態となる。円筒状の穴27に対して前述のシー・エー・スピント(C.A. Spindt)らの発明により、公知の方法を用いてエミッタコーン24を作製する。

【0046】すなわち、基板を回転させながら斜めからの真空蒸着法による製膜を行い、エッチング除去層を形成した後、エミッタコーン支持電極上層23上にエミッタコーン材料を基板と垂直方向からの真空蒸着法によりコーン形状に堆積させてエミッタコーン24を作製し、その後、エッチング除去層上に堆積した不要なエミッタコーン材料をエッチング除去層ごと除去することで、エミッタコーンを作製する。以上により、図8(c)に示す状態となる。この後、ウェットエッチング法により、絶縁層材料25aを円筒状の穴27からエッチング加工し、空間30を形成するとともに、絶縁基板21をエミ

ッタコーン支持電極上層23及びエミッタコーン支持電極下層22に設けられた隙間28からエッチング加工し、絶縁基板の段差29を形成し、図8(d)に示した目的の電子源構造を得る。

【0047】ここで、エミッタコーン支持電極下層材料及びエミッタコーン支持電極上層材料の製膜にスパッタリング法を用いたが、使用する材料にあわせて電子ビーム真空蒸着法やCVD法等、他の製膜方法を用いても差し支えない。また、エミッタコーン支持電極下層及びエミッタコーン支持電極上層のエッチングにRIE法を用いたが、これに限るものではなく、使用する材料によってはウェットエッチング法を用いることにより、製造プロセスの簡便化が図れる。

【0048】本発明の構成において、エミッタ電極に対してゲート電極に高圧を印加すると、エミッタコーン先端部24aより電子放出を開始し、さらに印加電圧を増加させると、急激に放出電流量が増加する。その後、放出電流量がある程度大きくなると、印加電圧に対しての放出電流量の変化が少なくなり、広い印加電圧範囲において、エミッタコーンの段差が起きる放出電流量である最大放出電流 I_{max} に近い値を維持する。エミッタコーンからの放出電流量が大きくなると、エミッタコーン支持部を流れる電流量が大きくなり、エミッタコーン支持部の温度が上昇する。エミッタコーン支持部を形成しているエミッタコーン支持電極上層に比較してエミッタコーン支持電極下層の熱膨張率が小さいことから、エミッタコーン支持部は基板に対して下方向に変形する。

【0049】この変形により、エミッタコーン先端部24aとゲート電極26の距離が増大し、エミッタコーン先端部近傍の電界が小さくなるため、エミッタコーンからの放出電流量を抑制する方向に働く。このような関係にあるため、広い印加電圧範囲でエミッタコーン支持部の変形を保つのに十分な電流に相当する放出電流量が得られるとともに、エミッタコーンの段差に対する耐久性が向上する。本実施例の電界放出型電子源の構造は、前述の二つの実施例に比較して構造的に製造が複雑となるが、基板に対して垂直方向への電子放出を必要とする場合には、本実施例の構造が好ましい。

【0050】本実施例の構造は、前述の二つの実施例の構造と異なり、エミッタの変形を利用したものではなく、電子放出部支持部材となるエミッタ支持部に流れる電流によるエミッタ支持部の変形を利用したものであるため、電子放出部の形状は基本的に限定されない。コーン型の電子放出部をもつ構成の他に、例えば、円柱の先端に薄い円盤形状をもつエミッタディスクをエミッタコーンの代わりに電子放出部に用いる等、種々の電子放出部と組み合わせて構成することができる。

【0051】以上の実施例で用いられる材料の膨張率(熱膨張率)は、以下の表1のとおりである。なお、値はすべてバルクの値である。

【0052】

【表1】

Ni	約 0.17×10^{-4} /K
W	約 0.04×10^{-4} /K
Au	約 0.15×10^{-4} /K
Mo	約 0.05×10^{-4} /K
Ag	約 0.25×10^{-4} /K
As_2O_3	約 0.06×10^{-4} /K
石英ガラス (SiO_2 の値)	約 0.16×10^{-6} /K

【0053】このように、本発明によれば、基板とはば平行な面上に形成されたエミッタ電極及びゲート電極からなる電界放出型電子源であって、前記エミッタ電極のエミッタ部が熱膨張率の異なる少なくとも2層の構造で構成されている電界放出型電子源が提供される。また、絶縁基板上に形成されたエミッタ電極層と、前記エミッタ電極層と段差を設けた位置に形成されたゲート電極とからなる電界放出型電子源であって、前記エミッタ電極層上にエミッタ電極より熱膨張率の小さい薄膜層が形成されている電界放出型電子源が提供される。また、絶縁基板上に形成されたエミッタ電極層及びゲート電極層とからなる電界放出型電子源であって、前記エミッタ電極層と前記絶縁基板間にエミッタ電極より熱膨張率の小さい薄膜層が形成されている電界放出型電子源が提供される。

【0054】さらに、本発明によれば、基板上に形成されたエミッタ電極と、エミッタ電極と電気的に接続された電子放出部であるエミッタコーンと、エミッタコーン先端部を囲むような開口部を持つゲート電極とからなる電界放出型電子源であって、前記エミッタコーンが熱膨張率の異なる少なくとも2層の構造からなるエミッタコーン支持電極上に形成されている電界放出型電子源が提供される。

【0055】

【発明の効果】以上の説明から明かなように、本発明によると、以下のような効果がある。

(1) 基板とはば平行な面上に形成されたエミッタ電極及びゲート電極とからなり、エミッタ電極のエミッタ部が熱膨張率の異なる少なくとも2層の構造で構成されているため、エミッタ電極・ゲート電極間に電界放出に必要な高電界を発生させるのに十分な電圧を印加すると、エミッタ先端部からの電子放出を開始し、さらに、印加電圧を増加させると、急激に放出電流量が増加し、その後、エミッタ部からの電子放出による過電流で、エミッタ部の温度が上昇すると、熱膨張によりエミッタ部が微小変形する。この変形がエミッタ先端部とゲート電極間の距離を増加させるため、エミッタ先端部近傍の電界が減少する。電界が減少することにより、エミッタ部からの電子放出量が減少し、過電流によるエミッタ部の破

壊が防止され、エミッタ部の耐久性が向上する。

(2) また、基板上に形成されたエミッタ電極と、エミッタ電極と電気的に接続された電子放出部であるエミッタコーンと、エミッタコーン先端部を囲むような開口部を持つゲート電極とからなり、前記エミッタコーンが熱膨張率の異なる少なくとも2層の構造からなるエミッタコーン支持電極上に形成されているため、エミッタ電極・ゲート電極間に電界放出に必要な高電界を発生させるのに十分な電圧を印加すると、エミッタコーン先端部からの電子放出を開始し、さらに印加電圧を増加させると、急激に放出電流量が増加し、その後、エミッタコーンからの電子放出による過電流でエミッタコーン支持電極部の温度が上昇すると、熱膨張によりエミッタコーン支持電極部が微小変形し、エミッタコーン先端部とゲート電極との距離を増加させる。これにより、エミッタコーン先端部の電界が減少し、エミッタコーンからの電子放出量が減少し、過電流によるエミッタコーンの破壊が防止され、耐久性が向上する。

(3) さらに、熱膨張によるエミッタの変形あるいはエミッタコーン支持電極部の変形が起こるのは、過電流でエミッタ部あるいはエミッタコーン支持電極部の温度が上昇したときであるため、温度上昇が発生するまでの印加電圧範囲は通常のエミッタとはほぼ同様の特性をもち、さらに、それ以上の広い印加電圧範囲では電界放出電流に近い電流の電子放出が得られる。そのため、製造上のばらつきにより、電子放出開始電圧が異なる複数のエミッタ部をアレイ状に配置して並列に駆動した場合においても、エミッタ部の動作状態が均一化させ、アレイを構成する多くのエミッタ部から最大放出電流量に近い電子放出を得ることができ、エミッタアレイ全体での電子放出量の増大が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による電界放出型電子源の一実施例を説明するための斜視図である。

【図2】図1におけるA-A'断面拡大図である。

【図3】本発明による電界放出型電子源の動作を説明するための図である。

【図4】本発明による電界放出型電子源の他の実施例を説明するための斜視図である。

【図5】図4におけるB-B'断面拡大図である。

【図6】本発明による電界放出型電子源の更に他の実施例を説明するための斜視図である。

【図7】図6における部分拡大上面図及びC-C'断面拡大図である。

【図8】本発明の電界放出型電子源の作製方法を説明するための工程図である。

【図9】従来の電界放出型電子源の概略を示す斜視図である。

【図10】図9におけるD-D'断面拡大図である。

【図11】従来の他の電界放出型電子源の概略を示す斜

視図である。

【図12】図11における電界放出型電子線の作製方法を説明するための工程図である。

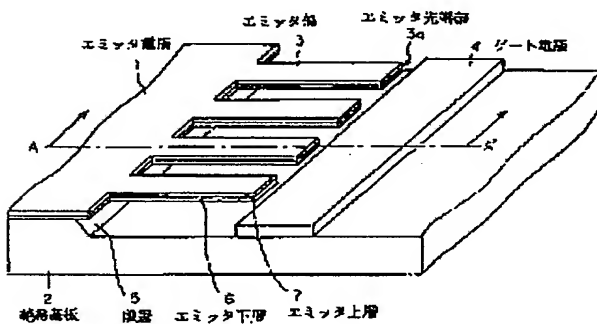
【図13】従来の他の電界放出型電子線の動作を説明するための図である。

【符号の説明】

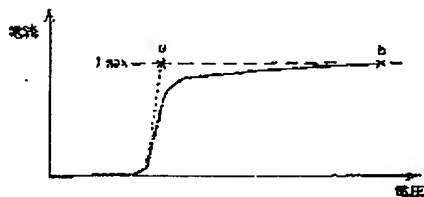
1…エミッタ電極、2…絶縁基板、3…エミッタ部、3a…エミッタ先端部、4…ゲート電極、5…段差、6…エミッタ下層、7…エミッタ上層、11…エミッタ電極、12…絶縁基板、13…エミッタ部、13a…エミ

* ッタ先端部、14…ゲート電極、15…段差、16…エミッタ下層、17…エミッタ上層、21…絶縁基板、22…エミッタコーン支持電極下層、22a…エミッタコーン支持電極下層材料、23…エミッタコーン支持電極上層、23a…エミッタコーン支持電極上層材料、24…エミッタコーン、24a…エミッタコーン先端部、25…絶縁層、25a…絶縁層材料、26…ゲート電極、26a…ゲート電極材料、27…穴、28…隙間、29…段差、30…空間、31…エミッタコーン支持部。

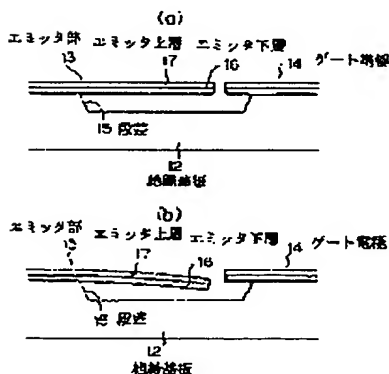
【図1】



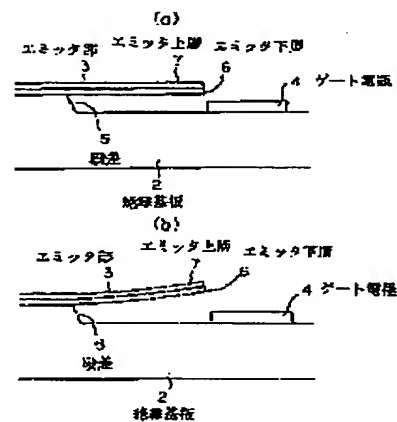
【図3】



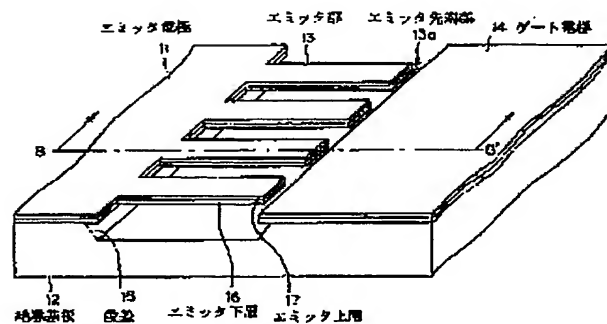
【図5】



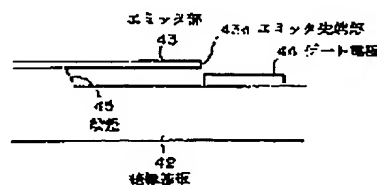
【図2】



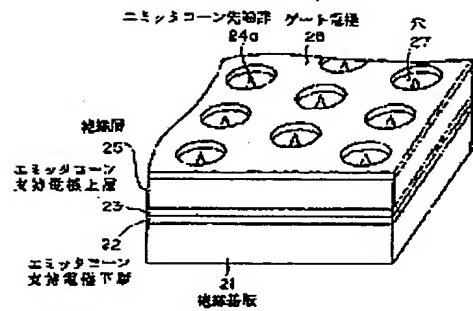
【図4】



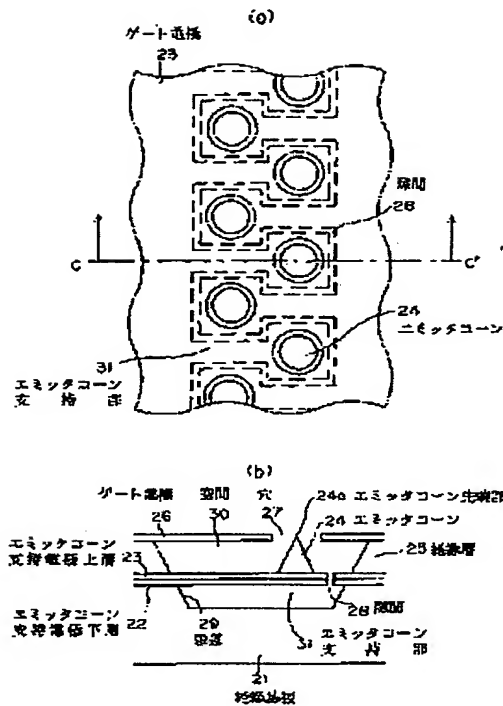
【図10】



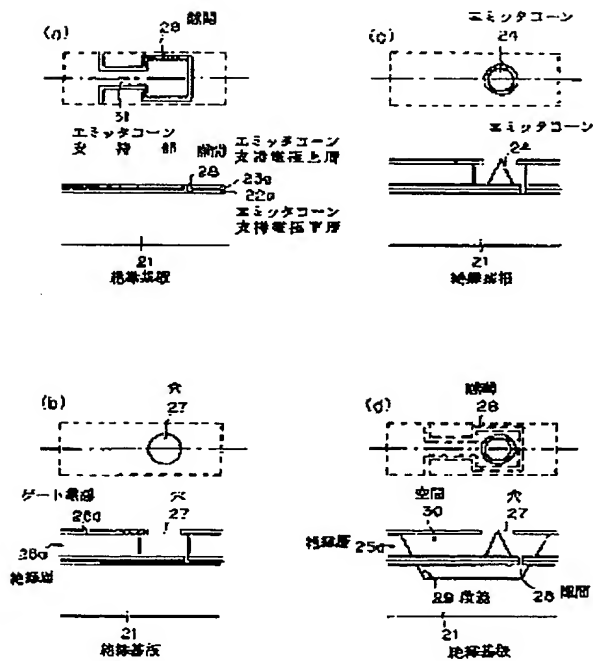
【図6】



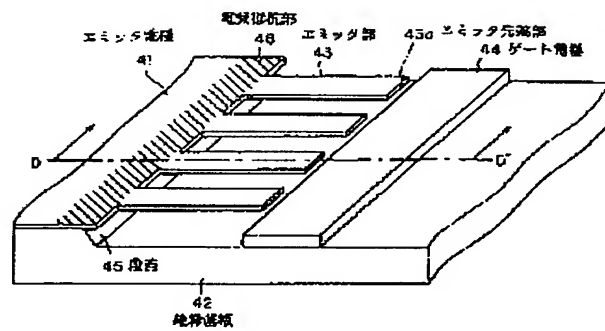
【図7】



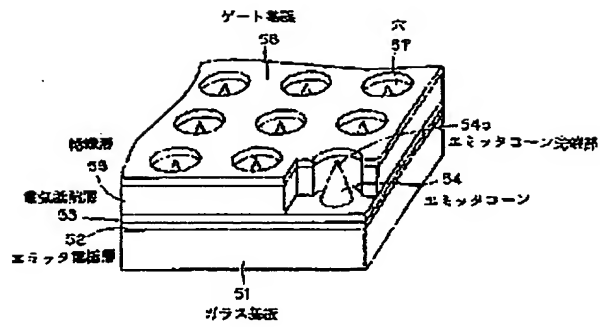
【図8】



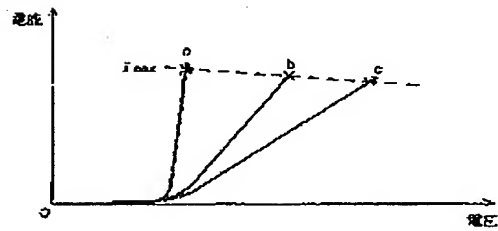
【図9】



【図11】



【図13】



【図12】

